

# Nghiên cứu đặc trưng và khả năng hấp thụ Direct red 79 của than sinh học nhiệt phân từ bã sả

Đỗ Ngọc Thảo Linh, Lê Minh Anh, Phan Anh Đức, Dương Phúc Linh  
Đào Trọng Nghĩa, Nguyễn Thị Thanh Thủy\*

\*Trường Tiểu học, THCS & THPT Vinschool Imperia, Hải Phòng, Việt Nam

Received: 4/4/2024; Accepted: 9/4/2024; Published: 12/4/2024

**Abstract:** In this study, distillation waste of lemongrass was carbonized via pyrolysis under limited oxygen conditions, and they were investigated at different temperatures: 300-400-500-600°C for an hour. Lemongrass biochar is characterized using Scanning electron microscopy (SEM), infrared spectroscopy (IR) and Brunauer-Emmett-Teller (BET). The results showed that besides the main components of carbon (C) and oxygen (O), thermochemically produced biochar also contained small amounts of Mg, Ca, Si, and P. The structure still contained organic functional groups such as C=O, O-H, C-O-C, etc., with a specific surface area of  $79.7231 \pm 1.5243 \text{ m}^2/\text{g}$ . The lemongrass biochar samples were evaluated for its ability to adsorb dye (DR79) at different pH levels, concentrations of adsorbate and adsorbent, temperatures, and times. The highest experimental efficiency was achieved at 600°C with pH=2, adsorbing DR79 at 10 ppm with 2 g/l of material, reaching approximately 98.07%. The adsorption mechanism may be physical adsorption. These results show that, lemongrass biochar is a potential adsorbent in treating dye pollution.

**Keywords:** Lemongrass biochar, limited oxygen pyrolysis method, DR79 adsorption

## 1. Đặt vấn đề

Từ lâu, ngành công nghiệp dệt nhuộm được coi là một trong những ngành gây ô nhiễm môi trường mạnh ở Việt Nam. Các chất thải có chứa thuốc nhuộm khi xử lý chưa triệt để, thải ra môi trường gây ảnh hưởng màu sắc nước, khả năng truyền ánh sáng, khả năng hòa tan oxygen, gây hiện tượng phú dưỡng, ảnh hưởng tới sức khỏe của con người. Các chất thải này khó bị phân hủy tự nhiên, nên loại bỏ thuốc nhuộm ra khỏi nước thải là vô cùng khó khăn.

Direct red 79 (DR79) là một chất màu sử dụng trong sản xuất dệt may, tráng giấy và tạo màu cho giấy. DR79 có độc tính cao, khi được thải ra môi trường có thể gây bệnh ung thư, gây đột biến cho sinh vật. Hiện nay, các công trình nghiên cứu về DR79 còn hạn chế; vì thế nhóm tác giả nghĩ đến việc tạo ra loại vật liệu hấp phụ có nguồn gốc tự nhiên - than sinh học để xử lý. Ưu điểm của loại vật liệu này là tận dụng được các phụ phẩm nông nghiệp sẵn có, rẻ tiền, giảm thiểu việc sử dụng các nguồn tài nguyên khoáng sản, giảm phát thải chất ô nhiễm vào môi trường. Hơn nữa, các vật liệu này có cấu trúc tương tự than hoạt tính lại vẫn chứa một số nhóm chất hữu cơ, một số thành phần khoáng chất, có thể loại bỏ nhiều loại chất ô nhiễm như kim loại nặng, các phẩm màu và dư lượng kháng sinh, ... Có thể kể đến một số than sinh học như vỏ trấu, vỏ lạc, bã mía, vỏ sấu riêng, rom rạ, lõi ngô, bã cà phê, ... Tuy nhiên, hiện đang có rất ít công bố về than

sinh học từ cây sả.

Với bã sả thải ra từ quá trình chưng cất tinh dầu thì cấu trúc ban đầu của lá thân sả đã bị phá vỡ đáng kể, xốp và sơ hơn, giàu carbon hơn, nếu đem chế tạo than sinh học sẽ rất thuận lợi. Vật liệu qua biến tính sẽ có các đặc trưng tốt hơn vật liệu chưa qua biến tính. Do đó, trong khuôn khổ bài báo này, nhóm tác giả tiến hành chế tạo than sinh học từ bã sả theo phương pháp nhiệt phân, nghiên cứu sẽ chỉ ra các đặc trưng của vật liệu và đánh giá khả năng hấp phụ DR79 của vật liệu chế tạo được.

## 2. Nội dung nghiên cứu

### 2.1. Thực nghiệm

#### 2.1.1. Quy trình tiến hành thực nghiệm

Chế tạo than biochar

Bã chưng cất tinh dầu sả được sấy khô ở 80°C, băm vụn rồi nghiền nhỏ thành bột, cân lượng chính xác cho vào chén sứ (chiếm ½ thể tích chén sứ), đặt nắp, bọc kín bằng giấy bạc tráng nhôm, cho vào lò nung, đạt nhiệt độ xác định (300°C, 400°C, 500°C, 600°C) với tốc độ gia nhiệt 200°C/h, ủ tại nhiệt độ trong 1 giờ rồi nguội tự nhiên về nhiệt độ phòng được than, ký hiệu tương ứng là B300, B400, B500, B600.

#### 2.2. Phương pháp nghiên cứu hấp phụ

Pha dung dịch DR79 10 mg/L từ dung dịch 1000 mg/L (1g/L); điều chỉnh pH thành các dung dịch có pH = 2,4,6,8,10,12;

Các vật liệu B300, B400, B500, B600 được thêm

vào các dung dịch DR79 10 mg/L có pH khác nhau trên với hàm lượng 2 g/L (thêm 0,02 g than vào 10 mL dung dịch chất màu trong ống Falcon 15 mL), nắp kín, cho lên máy lắc 3 h, sau lắc đem ly tâm, lọc lấy dịch lọc đem đo UV-Vis trong vùng bước sóng 650 – 400 nm (đo cả dung dịch ban pha tương ứng ban đầu), từ đường đo xác định bước sóng hấp thụ cực đại tương ứng của DR79 tại từng pH, xác định pH có hiệu suất hấp phụ lớn nhất (pH=2) và mẫu có khả năng hấp phụ tốt nhất (B600).

Vật liệu có khả năng hấp phụ chất màu tốt nhất (600) dùng trong các nghiên cứu tiếp theo.

- Ảnh hưởng của nồng độ DR79: Pha các dung dịch DR79 có nồng độ khác nhau (5, 10, 20, 30, 50, 100 mg/L, pH=2), mỗi 10 mL dung dịch thêm 0,02 g than, vào mỗi ống Falcon (dung tích 15 mL) ghi chú tương ứng, mỗi ống thêm 0,02 g than, lắc đều trong 3 h, lọc lấy dịch lọc đo lại nồng độ DR79 trong dung dịch trước và sau hấp phụ, tính toán hiệu suất.

- Ảnh hưởng của hàm lượng vật liệu: Pha dung dịch DR79 có nồng độ 20 mg/L, mỗi 10 mL dung dịch thêm lượng than khác nhau (0,005 – 0,01 – 0,02 – 0,05 – 0,1 g than, ứng với nồng độ 0,5 g/L; 1 g/L; 2 g/L; 5 g/L; 10 g/L), tiến hành tiếp theo như trên.

- Ảnh hưởng của thời gian và nhiệt độ quá trình hấp phụ: Pha 100 mL dung dịch DR79... mg/L, cho vào bình tam giác 250 mL, mỗi bình thêm 0,5 g than, đặt trên máy lắc ở nhiệt độ phòng (25°C) hoặc đặt trên máy khuấy từ ổn nhiệt bằng nước đặt ở nhiệt độ mong muốn (40°C). Bắt đầu bật máy thì tính thời gian (phản ứng ở 40°C sau khi ổn nhiệt hệ thống mới thêm than vào dung dịch và bắt đầu tính thời gian); Sau mỗi thời gian xác định, hút lấy 7 mL dung dịch, đem ly tâm, lọc thu lấy phần dịch trong để xác định nồng độ DR79 còn lại trong dung dịch theo thời gian. Các thời điểm lấy mẫu được đặt là 5-15-30-50-80-120-180-240 phút.

Lưu ý: tất cả các thí nghiệm, mỗi điểm thí nghiệm tiến hành 3 lần, lấy giá trị trung bình thực nghiệm.

### 2.3. Xử lý số liệu:

Tính hiệu suất hấp phụ (hiệu suất loại bỏ chất màu ra khỏi môi trường) H (%) và dung lượng hấp phụ q (mg/g) theo các công thức sau 1.1 và 1.2

$$q = \frac{(C_0 - C_e)}{m} \times V \quad (1.1)$$

$$H\% = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \quad (1.2)$$

### 2.4. Kết quả và thảo luận

#### 2.4.1. Khả năng hấp phụ DR79 của các mẫu than B300, B400, B500, B600

\*Ảnh hưởng của pH

Các mẫu than chế tạo được dùng làm vật liệu hấp phụ DR79 trong dung dịch nồng độ 10 ppm (hàm lượng than 2 g/L) ở các pH 2, 4, 6, 8, 10, 12 trong 3 giờ.

Với pH2, khả năng hấp phụ của các mẫu than đều cao, cao nhất là B600 đạt tỉ lệ cao nhất (98.07%) trong tất cả các loại than. Khi pH tăng từ 2 đến 4, hiệu suất hấp phụ của B600 giảm mạnh xuống 47.94% rồi giảm nhẹ khi dung dịch chuyển hẳn sang vùng base (khả năng hấp phụ tại pH = 12 đạt 40.67%).

Trong các nghiên cứu tiếp theo sẽ thực hiện tại pH2 với mẫu B600.

#### \*Ảnh hưởng của hàm lượng than B600

Dung dịch DR79 nồng độ 50 ppm được hấp phụ bằng mẫu than B600 với hàm lượng than khác nhau (0.5 tới 10 g/L) tại pH2 sau 3 giờ hấp phụ.

Khi hàm lượng Biochar tăng từ 0.5 đến 5 g/L, hiệu suất hấp phụ tăng lên đáng kể, từ 56.44% lên tới 95.23%. Hàm lượng Biochar càng cao, hiệu suất hấp phụ càng tốt. Do khi hàm lượng than tăng, tổng bề mặt chất hấp phụ, số vị trí có khả năng hấp phụ tăng. Vậy nên lượng DR79 bị hấp phụ tăng. Tuy nhiên, khi hàm lượng Biochar tăng lên 10 g/L, hiệu suất hấp phụ chỉ tăng nhẹ tới 97.29%. Sự hấp phụ trong vùng 5 -10 g/L đối với dung dịch DR79 50 ppm đã đạt tới trạng thái bão hòa.

#### \*Ảnh hưởng của nồng độ DR79

Để đánh giá ảnh hưởng của nồng độ DR79, vật liệu B600 được thêm vào các dung dịch DR79 ở các nồng độ khác nhau (10, 20, 30, 50, 100) ở pH2 và lắc đều trong 3 giờ.

Khi nồng độ DR79 tăng dần, hiệu suất hấp phụ giảm dần. Vì số vị trí hấp phụ (B600) không tăng, nhưng số phân tử chất bị hấp phụ tăng cao, dẫn tới nồng độ DR79 càng lớn, tỷ lệ chất được hấp phụ sẽ giảm.

#### \*Ảnh hưởng của thời gian và nhiệt độ

Ở nhiệt độ phòng 20°C và 40°C, khi thời gian tiếp xúc giữa B600 và DR79 càng dài, hiệu suất phản ứng càng tăng (293K: từ 89.97% lên 95,66%; 313K: 75.55% lên 94.91%).

Thời gian càng dài, hiệu suất phản ứng tăng. Tuy nhiên, ở phút thứ 50, hiệu suất có xu hướng tăng không đáng kể và dần giữ nguyên do quá trình hấp phụ đã đạt tới trạng thái cân bằng.

Khi nhiệt độ càng tăng, hiệu suất hấp phụ càng giảm, chứng tỏ tương tác giữa DR79 với bề mặt B600 là hấp phụ vật lý.

#### 2.4.2. Đo đặc trưng vật liệu

Với mẫu B600 ở pH2 có khả năng hấp phụ tốt nhất

được đem đi đo đặc trưng vật liệu.

Trên cơ sở kết quả giải đồ phổ hồng ngoại IR, cho thấy: khi bã chung cất tinh dầu sả bị nhiệt phân, có sự thay đổi đáng kể về các liên kết trong mẫu, vai phổ rộng vùng  $3400\text{ cm}^{-1}$  đặc trưng cho liên kết O-H trong nhóm carboxylic hoặc hơi nước; liên kết C-H dạng  $-\text{CH}_2-$  hoặc  $-\text{C}-\text{C}-$  của hydrocarbon no đặc trưng bởi các đỉnh ứng với số sóng  $2922$  và  $2844\text{ cm}^{-1}$  cũng giảm dần tín hiệu khi nhiệt độ nhiệt phân tăng, chứng tỏ mật độ các liên kết này giảm dần tới mất liên kết C-C ở  $500^\circ\text{C}$ ; các đỉnh phổ tại số sóng  $1737$  và  $1640\text{ cm}^{-1}$  trong bã sả đều bị dịch chuyển về  $1696$  và  $1582\text{ cm}^{-1}$ , đây là các đỉnh đặc trưng của liên kết  $\text{C}=\text{O}$  trong nhóm carbonyl hoặc carboxyl, hay đỉnh tại  $1034\text{ cm}^{-1}$  cũng bị dịch chuyển về  $1104\text{ cm}^{-1}$ , đặc trưng cho liên kết C-O trong ete hoặc nhóm carboxyl, ngoài ra trong các mẫu nhiệt phân còn xuất hiện rõ đỉnh tại  $470$  và  $617\text{ cm}^{-1}$ , đây thường đặc trưng bởi các liên kết O-Kim loại, đây là những liên kết có thể có lợi cho quá trình hấp phụ.

Phương pháp BET cho thấy vật liệu có diện tích bề mặt riêng là  $79.7231 \pm 1.5243\text{ m}^2/\text{g}$ .

Hình thái vật liệu được ghi lại từ thiết bị kính hiển vi điện tử quét SEM cho thấy bột sả ban đầu đã bị nhiệt phân mạnh, thành các đám vảy mỏng, kích thước khoảng  $40\text{ nm}$ . Ảnh ở độ phóng đại lớn cho thấy vật liệu rất xốp.

#### 2.4.3. Mối quan hệ giữa nồng độ và độ hấp thụ của dung dịch DR79

Dùng phương pháp phổ hấp thụ phân tử UV-Vis tại bước sóng  $508\text{ nm}$  để xác định mối quan hệ giữa nồng độ và độ hấp thụ của dung dịch DR79 ở các nồng độ từ  $0.5\text{ ppm}$  đến  $100.0\text{ ppm}$ . Từ đó xây dựng đường chuẩn.

Kết quả thu được đường chuẩn có phương trình  $y = 0.0206x - 0.0123$  với  $R^2 = 0,9992$ . Phương trình này phù hợp để xác định nồng độ DR79 từ độ hấp thụ của dung dịch nghiên cứu trong vùng nồng độ  $0.5\text{ ppm}$  tới  $100.0\text{ ppm}$ .

### 3. Kết luận

- Than sinh học được tổng hợp thành công từ bã chung cất tinh dầu sả theo phương pháp nhiệt phân ở  $600^\circ\text{C}$  (B600), trong điều kiện hạn chế oxygen có cấu trúc xốp, dạng các đám vảy mỏng chồng lên nhau, có kích thước khoảng  $40\text{ nm}$  với bề mặt riêng trung bình  $S_{\text{BET}} = 79.7231 \pm 1.5243\text{ m}^2/\text{g}$ . Thành phần chính của Biochar chứa các nhóm chức hữu cơ như O-H, C-H,  $\text{C}=\text{O}$ , C-O, O-Kim loại có lợi cho quá trình hấp phụ.

- Với  $10\text{g/L}$  B600, pH2 có khả năng hấp phụ chất màu DR79 nồng độ  $50\text{ ppm}$  đạt khoảng  $98,07\%$ .

- Cơ chế tương tác giữa DR79 với bề mặt B600 có thể là hấp phụ vật lý.

Hướng phát triển

Mở rộng nghiên cứu khả năng hấp phụ của B600 với các đối tượng ô nhiễm khác (các chất màu MO, MB, MR, thuốc kháng sinh,...)

Nghiên cứu biến tính B600 trong môi trường acid, base nhằm nâng cao chất lượng vật liệu (hoạt hóa bằng các phương pháp vật lý và hóa học).

Nếu có thời gian nhóm tác giả sẽ tính toán lý thuyết quá trình hấp phụ: các thuyết hấp phụ đẳng nhiệt, động học hấp phụ, nhiệt động học quá trình hấp phụ hoặc đo thêm các thông số đặc trưng vật liệu trước và sau hấp phụ, tìm hiểu cơ chế hấp phụ.

#### Tài liệu tham khảo

1. Trung tâm Thông tin Khoa học và Công nghệ TP. HCM & Nguyễn Đăng Nghĩa (2014). *Vai trò của than sinh học (Biochar) sản xuất và ứng dụng hiệu quả than sinh học*, Báo cáo phân tích xu hướng công nghệ, pp 4,5. TP Hồ Chí Minh

2. Truong, T. T., & Nguyen, H. H. T. (n.d.); *Đặc trưng và khả năng hấp phụ Rhodamine B của than sinh học thủy nhiệt chế tạo từ bã chung cất tinh dầu sả*.

3. Michael Schmidt & Ananda S (2023). *Bhattacharjee Duc Phan Chujing Zheng Daniel Ashworth Michael Schmidt Yujie Men Jorge F.S. Ferreira Gabrielle Muir Nur A. Hasan Abasiofiok M. Ibekwe, 2023, Dissemination of antibiotic resistance genes through soil-plant-earthworm continuum in the food production environment*

4. J. Sharma, S. Sharma, U. Bhatt, and V. Soni (2022), "Toxic effects of Rhodamine B on antioxidant system and photosynthesis of *Hydrilla verticillata*," *J. Hazard. Mater. Lett.*, vol. 3, p. 100069, 2022.

5. T. T. Truong, T. T. Pham, T. T. T. Truong, and T. D. Pham (2022), "Synthesis, characterization of novel ZnO/CuO nanoparticles, and the applications in photocatalytic performance for rhodamine B dye degradation," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, pp. 1–13, 2022.

6. S. A. Mousavi et al (2023), "Removal of Rhodamine B from aqueous solution by stalk corn activated carbon: adsorption and kinetic study," *Biomass Convers. biorefinery*, vol. 13, no. 9, pp. 7927–7936, 2023.

7. Q. X. T. Le, H. Q. Tran, T. H. Trinh, and T. D. Nguyen (2021), "Removal of Rhodamine B Dye by Plasma Jet Oxidation Process," *Commun. Phys.*, vol. 31, no. 1, p. 95, 2021.